

青森県上北平野で掘削された中期更新世後半以降の 風成堆積物のテフラ層序

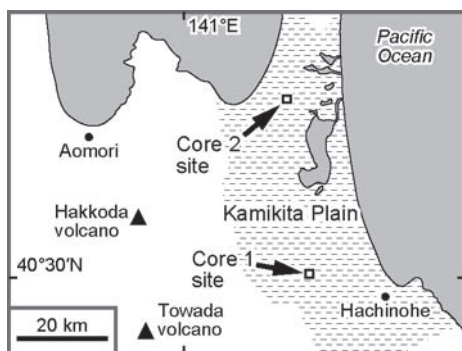
桑原拓一郎^{1,*}

Takuichiro Kuwabara (2010) Tephrostratigraphy of late middle Pleistocene to Holocene eolian deposits in drill cores recovered from the Kamikita Plain, Northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 61 (11/12), p.489-494, 2 figs, 2 tables.

Keywords: Quaternary, drill core, tephra, Aomori Prefecture, Japan

1. はじめに

青森県東部の上北平野かみきたの南部と北部において(第1図), 中期更新世後半に形成された七百段丘しちひやく(宮内, 1985, 1988; 桑原, 2004など)の構成物を被覆する延長約25 mと11 mの風成堆積物の柱状試料2本(それぞれコア1, 2と呼ぶ)が採取された。両コアとも, 既に植物珪酸体分析に供されて古気候の変遷が復元され, 海洋酸素同位体比ステージ9 (300-337 ka; Lisiecki and Raymo, 2005)以降の各ステージとの対比が明らかにされた(桑原, 2009)。しかしながら, これまで, 両コア



第1図 掘削地点(コア1, 北緯40°32′50″, 東経141°18′1″;コア2, 北緯40°53′6″, 東経141°14′28″)。掘削地点を含む地形図は, 桑原(2009)を参照されたい。

Fig. 1 Drilling sites (Core 1, 40°32′50″N, 141°18′1″E; Core 2, 40°53′6″N, 141°14′28″E). Detailed topographic maps showing the drilling sites are referred to Kuwabara (2009).

のテフラ層序については, その概要が報告されるものの, 各テフラ層の同定の根拠となる層位と層相の詳細並びに岩石記載的特徴は明らかにされなかった(桑原, 2009)。

上北平野には, 中期更新世以降の多数のテフラ層が分布する(中川, 1961; 東北地方第四紀研究グループ, 1969など)。これらテフラ層については, それらの大部分が八甲田及び十和田火山起源とみられ(岩崎, 1983; Hayakawa, 1985; 松山・大池, 1986; 町田・新井, 2003など), また同平野に分布する海成及び河成の段丘との層位関係も把握されている(宮内, 1985, 1988; 桑原, 2004など)。したがって, 中期更新世以降の八甲田や十和田火山における各噴火の年代や上北平野における各段丘の年代を検討する上で, 海洋酸素同位体比ステージとの対比がほぼ確実な両コアにおいて, 各テフラ層の同定とそれらの根拠が注目される。

そこで, 両コアのテフラ層序について, 各テフラ層の層位と層相の詳細, 並びに鉱物粒子の屈折率と化学組成を含む岩石記載的特徴を明らかにし, 今後の利用のための一資料としたい。

2. 掘削の概要

両コアは, ロータリー式パイプロ工法(パーカッション機)を用いて, 七百段丘上(宮内, 1985, 1988; 桑原, 2004など)で鉛直に掘削された(第1図)。全層準にわたり直径69 mm, 無水掘で採取された。掘削時に伸縮を受けている可能性があるが, その程度が不明であるため, 層厚に対してその補正はなされていない。コア1は, 上北平野南部の三戸郡五戸町鹿内の畑作地で掘削され, 孔口標高は114 mである。コア2は, 上北平野北部の上北

¹地質情報研究部門(AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

*Corresponding author: T. KUWABARA, Email: yiy06722@nifty.com

現連絡先: 市川市鬼高 2-11-12-118 (Present address: Onitaka 2-11-12-118, Ichikawa, Chiba 272-0015, Japan)

郡東北町豊畑の牧草地で掘削され、孔口標高は90 mである。

3. 試料処理の概要

層相に基づいて採取したテフラ試料に対して、まず、ナイロン製使い捨て#255メッシュシートを用いて流水中で洗浄してから、残砂を#125メッシュシートを用いて水中で篩い分けした。これにより1/8～1/16 mmに粒度調整した試料に対して、超音波洗浄機を用いて鉱物粒子の表面に付着した粘土分などを除去した。そして、洗浄と篩い分けを行った乾燥試料に対して、偏光顕微鏡(100倍)を用いて観察して、主要な重鉱物の個数の大小や火山ガラスの形態ごとの有無などを記載した。更に、火山ガラスと主要重鉱物を中心に、温度変化型屈折率測定装置(古澤地質社製MAIOT)を用いて屈折率を測定した。1試料当たりの測定粒子の個数の目安は、火山ガラスで30片、各重鉱物でそれぞれ10片である。測定値にバラツキがある試料では、適宜に測定粒子を増やしてモードを把握できるまで測定した。また、広域テフラ2試料の火山ガラスに対して、走査電子顕微鏡(HITACHI S3000H)とエネルギー分散型X線分析装置(HORIBA EMAX ENERGY EX-250)を用いて主成分の化学組成を測定した。測定条件は、加速電圧:15 kV及び試料電流:0.3 nAである。標準試料を用いたZAF補正を行った。1試料当たりの測定粒子の個数の目安は、15片である。

4. テフラ層序

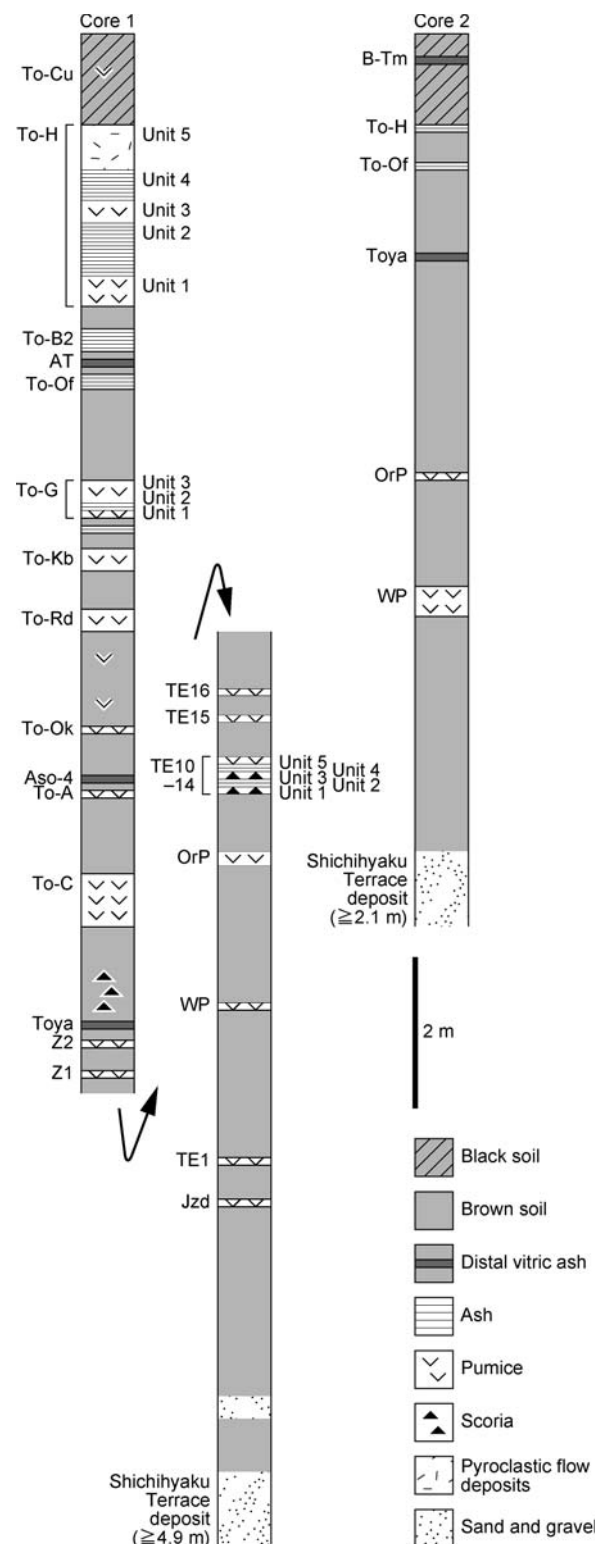
両コアから23枚のテフラ層が同定された(第2図、第1表)。各テフラ層の名称は、桑原(2009)を踏襲して、中期更新世のテフラ層については岩崎(1983)と松山・大池(1986)を、後期更新世以降のテフラ層については町田・新井(2003)を参考とした。以下、下位のテフラ層から順番に、それらの層位と層相並びに岩石記載的特徴についてまとめる。各テフラ層の特徴は、これら既存の報告とは、おおむね矛盾はしていない。

地蔵平テフラ, Jzd

本層は、コア1で七百段丘構成物の上位約345 cm付近に認められる黒雲母の含有帯である。

天狗岱1テフラ, TE1

本層は、コア1でJzdの上位約50 cmに認められる層厚約10 cmの橙色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は1～2 mmである。磁鉄鉱などの不透明鉱物のほかに、斜方輝石と単斜輝石を含む。



第2図 地質柱状図。
桑原(2009)の地質柱状図に加筆。

Fig. 2 Geologic columns.
Modified from the geologic columns in Kuwabara (2009).

第1表 テフラ層の特徴.

Table 1 Characteristics of tephra layers.

Tephra		Material	Color	Thick- ness (cm)	Grain size (mm)	Heavy- mineral composition	Gl Type	n	Opx γ	Hb n_2
B-Tm	Core 2	scattered					Pm,Bw	1.518-1.519		
To-Cu	Core 1	pumice	orange	~25	1-2	Opx>Cpx	Pm	1.506-1.520	1.699-1.712	
To-H	Core 1	Unit 5 pyroclastic flow deposits	orange	60	<13	Opx,Cpx	Pm	1.504-1.514	1.705-1.711	
		Unit 4 ash	orange	40	<1		Pm	1.503-1.516		
		Unit 3 pumice	white	30	4	Opx	Pm	1.504-1.517	1.705-1.711	
		Unit 2 ash	white	80	<1	Opx,Cpx	Pm	1.503-1.516	1.704-1.710	
		Unit 1 pumice	gray	40	1-2	Opx	Pm	1.506-1.518	1.703-1.710	
	Core 2	ash	orange	35	<1		Pm	1.501-1.509		
To-B2	Core 1	ash	brown	35	<1	Opx	Pm	1.506-1.518	1.706-1.719	
AT	Core 1	scattered					Bw	1.499-1.501		
To-Of	Core 1	ash	orange	35	<1	Opx	Pm	1.504-1.516	1.706-1.715	
	Core 2	ash	brown	20	<1		Pm	1.504-1.510		
To-G	Core 1	Unit 3 pumice	orange	45	5-8		Pm	1.513-1.516		
		Unit 2 ash	orange	15	<1	Opx,Cpx	Pm	1.513-1.517	1.705-1.711	
		Unit 1 pumice	orange	5	1-2	Opx,Cpx	Pm	1.514-1.517	1.706-1.710	
To-Kb	Core 1	pumice	brown	50	1-2	Opx>Cpx	Pm	1.513-1.525	1.706-1.712	
To-Rd	Core 1	pumice	orange	40	n.d.	Opx,Cpx			1.706-1.712	
To-Ok	Core 1	pumice	yellow	15	n.d.	Opx>Cpx			1.708-1.712	
Aso-4	Core 1	scattered					Bw	1.506-1.509		
To-A	Core 1	pumice	orange	5	n.d.	Cpx>Opx	Pm	1.495-1.520	1.705-1.716	
To-C	Core 1	pumice	orange	80	2	Cpx>Opx			1.704-1.708	
Toya	Core 1	ash	white	10	<1	Opx,Cpx	Pm,Bw	1.495-1.500	1.706-1.717	
	Core 2	scattered					Pm,Bw	1.494-1.499		
Z2	Core 1	pumice	white	15	1-2	Cpx>Opx			1.707-1.716	
Z1	Core 1	pumice	white	5	1-2	Cpx>Opx			1.707-1.712	
TE16	Core 1	pumice	white	20	n.d.	Opx>Cpx>Hb			1.703-1.711	
TE15	Core 1	pumice	orange	15	2	Opx>Cpx,Hb	Pm	1.499-1.504	1.713-1.725	1.676-1.679 1.685-1.691
TE10-14	Core 1	Unit 5 pumice	orange	10	n.d.	Hb>>Opx			1.700-1.705	1.675-1.681
		Unit 4 ash	brown	10	<1	Hb>Opx			1.715-1.725	
		Unit 3 scoria	yellow	10	1	Opx>>Cpx,Hb			1.699-1.724	1.673-1.680
		Unit 2 ash	white	5	<1	Opx				
		Unit 1 scoria	black	10	1	Cpx>>Opx				
OrP	Core 1	pumice	orange	30	1-2	Opx,Cpx,Hb			1.702-1.712	1.675-1.686
	Core 2	pumice	orange	30	1	Hb>>Opx			1.699-1.710	1.674-1.682
WP	Core 1	pumice	orange	25	n.d.	Opx,Cpx			1.699-1.710	
	Core 2	pumice	orange	70	n.d.	Opx			1.706-1.711	
TE1	Core 1	pumice	orange	10	1-2	Cpx>Opx				
Jzd	Core 1	scattered				Bt				

(n.d.) not determined, (Gl) volcanic glass, (Bw) bubble-wall type, (Pm) pumice type, (Opx) orthopyroxene, (Cpx) clinopyroxene, (Hb) hornblende, and (Bt) biotite.

白ベタテフラ, WP

本層は、両コアで認められる。コア1では、TE1の上位約195 cmに認められる層厚約25 cmの橙色軽石層である。コア2では、七百段丘構成物の上位約285 cmに認められる層厚約70 cmの橙色軽石層である。両コアで、風化により軽石は粘土状である。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma = 1.699-1.711$ ）と単斜輝石を含む。

オレンジテフラ, OrP

本層は、両コアで認められる。コア1では、WPの上位約160 cmに認められる層厚約30 cmの橙色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は1～2 mmである。コア2では、WPの上位約115 cmに認められる層厚約30 cmの橙色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は1 mmである。両コアで、不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma = 1.699-1.712$ ）、単斜輝石、そして角閃石（ $n_2 = 1.674-1.686$ ）を含む。

天狗岱10～14テフラ, TE10～14

本層は、コア1でOrPの上位約75 cmに認められる層厚約45 cmのテフラ層である。ここでは、下位より、黒色スコリア層（ユニット1）、白色細粒火山灰層（ユニット2）、黄色スコリア層（ユニット3）、茶色細粒火山灰層（ユニット4）、そして橙色軽石層（ユニット5）より成る。ユニット1と3は、スコリアの平均的な粒径はいずれも1 mmである。ユニット5は、風化により軽石は粘土状である。これらのユニットで、不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.699-1.725$ ）、単斜輝石、そして角閃石（ $n_2=1.673-1.681$ ）を含む。ユニット1～3で斜方輝石と単斜輝石が優勢、ユニット4～5で角閃石が優勢である。

天狗岱15テフラ, TE15

本層は、コア1でTE10～14の上位約45 cmに認められる層厚約15 cmの橙色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は2 mmである。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.713-1.725$ ）、単斜輝石、そして角閃石（ $n_2=1.676-1.679, 1.685-1.691$ ）を含む。軽石型の火山ガラス（ $n=1.499-1.504$ ）を含む。

天狗岱16テフラ, TE16

本層は、コア1でTE15の上位約15 cmに認められる層厚約20 cmの白色軽石層である。ここでは、風化により軽石は粘土状である。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.703-1.711$ ）と単斜輝石を含む。微量ながら、角閃石も認められる。

ザラメ1テフラ, Z1

本層は、コア1でTE16の上位約95 cmに認められる層厚約5 cmの白色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は1～2 mmである。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.707-1.712$ ）と単斜輝石を含む。

ザラメ2テフラ, Z2

本層は、コア1でZ1の上位約25 cmに認められる層

厚約15 cmの白色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は1～2 mmである。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.707-1.716$ ）と単斜輝石を含む。

洞爺テフラ, Toya

本層は、両コアで認められる。コア1では、Z2の上位約20 cmに認められる層厚約10 cmの白色細粒火山灰層である。ここでは、不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.706-1.717$ ）と単斜輝石を含む。コア2では、OrPの上位約280 cm付近に認められる火山ガラスの含有帯である。両コアで、軽石型とバブル・ウォール型の火山ガラス（ $n=1.494-1.500$ ）を産出する。

十和田カステラテフラ, To-C

本層は、コア1でToyaの上位約120 cmに認められる層厚約80 cmの橙色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は2 mmである。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.704-1.708$ ）と単斜輝石を含む。

十和田アオスジテフラ, To-A

本層は、コア1でTo-Cの上位約90 cmに認められる層厚約5 cmの橙色軽石層である。ここでは、風化により軽石は粘土状である。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.705-1.716$ ）と単斜輝石を含む。軽石型の火山ガラス（ $n=1.495-1.520$ ）を含む。

阿蘇4テフラ, Aso-4

本層は、コア1でTo-Aの上位約15 cm付近に認められる火山ガラスの含有帯である。ここでは、バブル・ウォール型の火山ガラス（ $n=1.506-1.509$ ）を産出する。火山ガラスの主成分は、 $\text{SiO}_2: 72.72\%$, $\text{TiO}_2: 0.38\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3: 14.67\%$, $\text{FeO}: 1.47\%$, $\text{MnO}: 0.06\%$, $\text{MgO}: 0.38\%$, $\text{CaO}: 1.12\%$, $\text{Na}_2\text{O}: 4.66\%$, そして $\text{K}_2\text{O}: 4.54\%$ である（第2表）。

十和田オコシテフラ, To-Ok

本層は、コア1でAso-4の上位約60 cmに認められる

第2表 火山ガラスの化学組成 (wt%)。

Table 2 Chemical compositions (wt%) of volcanic glasses.

Tephra		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	n
AT	Core 1	78.20	0.09	12.23	1.21	0.02	0.18	1.18	3.52	3.38	4
		0.15	0.02	0.06	0.06	0.03	0.04	0.05	0.13	0.04	
Aso-4	Core 1	72.72	0.38	14.67	1.47	0.06	0.38	1.12	4.66	4.54	15
		0.24	0.06	0.10	0.08	0.06	0.06	0.04	0.10	0.09	

Analyses were recalculated to 100% in water-free and presented as means and standard deviations with n shards.

層厚約15 cmの黄色軽石層である。ここでは、風化により軽石は粘土状である。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.708-1.712$ ）と単斜輝石を含む。

十和田レッドテフラ, To-Rd

本層は、コア1でTo-Okの上位約120 cmに認められる層厚約40 cmの橙色軽石層である。ここでは、風化により軽石は粘土状である。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.706-1.712$ ）と単斜輝石を含む。

十和田キビダンゴテフラ, To-Kb

本層は、コア1でTo-Rdの上位約40 cmに認められる層厚約50 cmの茶色軽石層である。ここでは、軽石の平均的な粒径は1～2 mmである。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.706-1.712$ ）と単斜輝石を含む。軽石型の火山ガラス（ $n=1.513-1.525$ ）を含む。

十和田合同テフラ, To-G

本層は、コア1でTo-Kbの上位約20 cmに認められる層厚約65 cmのテフラ層である。ここでは、下位より、橙色軽石層（ユニット1）、橙色細粒火山灰層（ユニット2）、そして橙色軽石層（ユニット3）より成る。ユニット1と3は、軽石の平均的な粒径はそれぞれ1～2 mmと5～8 mmである。これらのユニットで、不透明鉱物のほかに斜方輝石（ $\gamma=1.705-1.711$ ）と単斜輝石を含む。軽石型の火山ガラス（ $n=1.513-1.517$ ）を含む。

十和田大不動テフラ, To-Of

本層は、両コアで認められる。コア1では、To-Gの上位約105 cmに認められる層厚約35 cmの橙色細粒火山灰層である。ここでは、不透明鉱物のほかに斜方輝石（ $\gamma=1.706-1.715$ ）を含む。コア2では、Toyaの上位約100 cmに認められる層厚約20 cmの茶色細粒火山灰層である。両コアで、軽石型の火山ガラス（ $n=1.504-1.516$ ）を含む。

始良^{あい} Tn テフラ, AT

本層は、コア1でTo-Ofの上位約15 cm付近に認められる火山ガラスの含有帯である。ここでは、バブル・ウォール型の火山ガラス（ $n=1.499-1.501$ ）を産出する。火山ガラスの主成分は、 $\text{SiO}_2: 78.20\%$, $\text{TiO}_2: 0.09\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3: 12.23\%$, $\text{FeO}: 1.21\%$, $\text{MnO}: 0.02\%$, $\text{MgO}: 0.18\%$, $\text{CaO}: 1.18\%$, $\text{Na}_2\text{O}: 3.52\%$, そして $\text{K}_2\text{O}: 3.38\%$ である（第2表）。

十和田ビスケット2テフラ, To-B2

本層は、コア1でATの上位約15 cmに認められる層厚約35 cmの茶色細粒火山灰層である。ここでは、不透明鉱物のほかに斜方輝石（ $\gamma=1.706-1.719$ ）を含む。

軽石型の火山ガラス（ $n=1.506-1.518$ ）を含む。

十和田八戸テフラ, To-H

本層は、両コアで認められる。コア1では、To-B2の上位約20 cmに認められる層厚約250 cmのテフラ層である。ここでは、下位より、灰色軽石層（ユニット1）、白色細粒火山灰層（ユニット2）、白色軽石層（ユニット3）、橙色細粒火山灰層（ユニット4）、そして橙色火砕流堆積物（ユニット5）より成る。ユニット1と3は、軽石の平均的な粒径はそれぞれ1～2 mmと4 mmである。ユニット5は、軽石の粒径は13 mm未満である。これらのユニットで、不透明鉱物のほかに斜方輝石（ $\gamma=1.703-1.711$ ）と単斜輝石を含む。コア2では、To-Ofの上位約30 cmに認められる層厚約35 cmの橙色細粒火山灰層である。両コアで、軽石型の火山ガラス（ $n=1.501-1.518$ ）を含む。

十和田^{ちゅうせり}中振テフラ, To-Cu

本層は、コア1でTo-Hの上位約55 cmに認められる層厚約25 cmの橙色軽石の含有帯である。ここでは、軽石の平均的な粒径は1～2 mmである。不透明鉱物のほかに、斜方輝石（ $\gamma=1.699-1.712$ ）と単斜輝石を含む。軽石型の火山ガラス（ $n=1.506-1.520$ ）を含む。本層の上位約35 cmをもって、地表面となる。

白頭山^{はくとうさん}苦小牧テフラ, B-Tm

本層は、コア2でTo-Hの上位約80 cm付近に認められる火山ガラスの含有帯である。ここでは、軽石型とバブル・ウォール型の火山ガラス（ $n=1.518-1.519$ ）を産出する。本層の上位約25 cmをもって、地表面となる。

5. まとめ

上北平野の南部と北部で採取されたコア1と2から、層位と層相並びに岩石記載的特徴に基づいて、中期更新世後半以降の23枚のテフラ層を同定した。同定されたテフラ層は、下位より、Jzd, TE1, WP, OrP, TE10～14, TE15, TE16, Z1, Z2, Toya, To-C, To-A, Aso-4, To-Ok, To-Rd, To-Kb, To-G, To-Of, AT, To-B2, To-H, To-Cu, そしてB-Tmである。これらのテフラ層のうち、WP, OrP, Toya, To-Of, そしてTo-Hが、両コアで同定された。

謝辞：山元孝広氏や伊藤順一氏をはじめとする深部地質環境研究コアの方々から全面的な協力を得た。試料処理では、檀原 徹氏をはじめとする株式会社京都フィッシュン・トラックの方々、及び古澤 明氏をはじめとする株式会社古澤地質の方々から協力を得た。以上の方々に、深く感謝します。

試料処理は、原子力安全基盤機構「平成19年度地層処分に係る地質情報データの整備」及び原子力安全・保安院「平成20年度地層処分に係る地質情報データの整備」として実施した。

文 献

- Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, **60**, 507-592.
- 岩崎孝明 (1983) 青森県東部の火山灰. 駒沢大学大学院地理学研究, no.13, 33-39.
- 桑原拓一郎 (2004) 青森県東部上北平野における海成段丘構成物の層序と相対的海面変化. 地質学雑誌, **110**, 93-102.
- 桑原拓一郎 (2009) 青森県上北平野で掘削された中期更新世後半以降のテフラ—土壌累積層の植物珪酸体群集に基づく環境変遷と段丘との対比. 第四紀研究, **48**, 405-416.
- Lisiecki, L.E. and Raymo, M.E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, **20**, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京大学出版会, 336p.
- 松山 力・大池昭二 (1986) 十和田火山噴出物と火山活動. 十和田科学博物館, no.4, 1-64.
- 宮内崇裕 (1985) 上北平野の段丘と第四紀地殻変動. 地理学評論, **58A**, 492-515.
- 宮内崇裕 (1988) 東北日本北部における後期更新世海成面の対比と編年. 地理学評論, **61A**, 404-422.
- 中川久夫 (1961) 本邦太平洋沿岸地方における海水準静的変化と第四紀編年. 東北大学理学部地質学古生物學教室研究邦文報告, no.54, 1-61.
- 東北地方第四紀研究グループ (1969) 東北地方における第四紀海水準変化. 地学団体研究会専報, no.15, 37-83.
- (受付：2010年1月20日；受理：2010年9月6日)